

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
Leiter: Professor Dr. med. dent. Karl Eichner

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE HAFTINTENSITÄT
ZAHNÄRZTLICHER ZEMENTE

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an den

Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Christoph Paul

aus Zwickau

1971

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde der
Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrank-
heiten der Freien Universität Berlin

Leiter: Professor Dr. med. dent. Karl E i c h n e r

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE HAFTINTENSITÄT
ZAHNÄRZTLICHER ZEMENTE

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an den

Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Christoph Paul

aus Zwickau

Referent: Professor Dr. med. dent. Karl E i c h n e r

Korreferent: Professor Dr.med.dent.Dr.med. Raimund H a r n d t



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 30. Juni 1971

M e i n e n E l t e r n

i n D a n k b a r k e i t g e w i d m e t

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	4 - 6
B. Hauptteil	
I. Literaturübersicht	6
II. Beschreibung der Versuchsanordnung	11
1. Elfenbeinuntersuchungen auf Ähnlichkeit mit menschlichem Dentin	11 - 17
2. Oberflächenbeschaffenheit der Versuchskörper	17 - 23
3. Prüfungsmethode	23 - 27
4. Untersuchungsergebnisse und statistische Auswertung	27 - 45
III. Diskussion der Ergebnisse	45 - 51
C. Zusammenfassung	52 - 54
D. Literaturverzeichnis	55 - 60
E. Lebenslauf	62

A. Einleitung

Zahnzement findet als plastisches Füllungsmaterial seit Jahrzehnten neben Amalgam in der Zahnheilkunde vielfache Verwendung. Unter der großen Zahl der heute im Handel angebotenen Materialien fällt es dem Zahnarzt schwer, den Zement mit den besten chemischen und physikalischen Eigenschaften für den speziellen Fall auszuwählen, da große Qualitätsforderungen an ein Füllungsmaterial gestellt werden müssen. Nach bestimmten Indikationsgebieten und den damit verbundenen differenzierten Erfordernissen wurden Zemente mit unterschiedlichen Eigenschaften entwickelt. Neben den allgemeinen Ansprüchen wie

- 1) einfache Verarbeitbarkeit,
- 2) optimaler kosmetischer Effekt,
- 3) Unschädlichkeit gegenüber Zahn- und Mundgewebe,
- 4) Widerstandskraft gegen chemische und physikalische Einflüsse,
- 5) Volumenbeständigkeit,
- 6) Härte und Kantenfestigkeit sowie
- 7) Wirtschaftlichkeit

stellt W E I K A R T (29) in seinem Vorschlag zum DIN-Normblatt für Prüfungsvorschriften für zahnärztliche Werkstoffe folgende Forderungen:

- 1) Feinkörnigkeit des Zementpulvers,
- 2) hohe Haftintensität,
- 3) antiseptische Eigenschaften.

Die Beurteilung zahnärztlicher Zemente mit Hilfe von chemischen und physikalischen Untersuchungen wird von dem vordringlichen Interesse beherrscht, insbesondere Vor- und Nachteile gegeneinander abwägen zu können.

Materialprüfungen dürften immer mit großen Schwierigkeiten verbunden sein, da klinische Bedingungen, Mundverhältnissen entsprechend, schwer eingehalten werden können, so daß physikalisch-mechanische Laboratoriumsversuche an ihre Stelle treten müssen.

Während der letzten Jahrzehnte ist die Haftintensität von Zementen als eines der wichtigsten Kriterien nach den unterschiedlichsten Methoden geprüft worden. Andere Arbeiten erwähnen sie jedoch nur mehr oder weniger gründlich.

In der vorliegenden Arbeit soll an 18 im Dentalhandel erhältlichen Zementen die oft zitierte "Klebkraft" geprüft und die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Dazu werden 6 Phosphat- (normal- und schnellhärtend), 3 Universal-, 6 Stein- und 3 Silikatzemente verwendet.

B. Hauptteil

I. Literaturübersicht

Die Entwicklung des ersten brauchbaren Zinkphosphatzementes im Jahre 1877 durch den Zahnarzt R O - S T A I N G , der den sogenannten Sorelkitt durch chemische Substitution veränderte, bildete die Grundlage der heute verwendeten zahnärztlichen Zemente. Die Bestandteile des Zinkphosphatzement-Pulvers sind in der Hauptsache stark geglühtes Zinkoxyd und bis zu 10 % Magnesiumoxyd als Pulver. Je nach Fabrikat enthalten sie Spuren von CaO , BeO , Al_2O_3 , Bi_2O_3 und SiO_2 , um die verschiedensten Eigenschaften zu verbessern. Die Pulver der heute gebräuchlichen Zinkphosphatzemente zeichnen sich durch unterschiedliche Kornfeinheit aus. Die Anrührflüssigkeit, die zu 50 - 70 % aus Orthophosphorsäure und zu 30 - 40 % Wasser besteht (E F F I N G E R , F E C H T - 4), wird zur Verminderung der Abbindegeschwindigkeit mit Ca-, Mg-, Zn- und Na-Oxyden versetzt.

1903 gelang A S C H E R die Entwicklung des Silikat-zementes, dessen Pulver hauptsächlich Quarz (SiO_2) und Aluminiumoxyd (Al_2O_3) enthält. Dazu kommen noch geringe Mengen von CaF_2 , MgO , BeO und P_2O_5 (W A N N E N - M A C H E R - 12) sowie Spuren von Metalloxyden als Farbkomponente.

Die wasserreiche Phosphorsäure ist von großer Bedeutung für den Abbindchemismus, bei dessen Verlauf der Wasserabgabe eine wesentliche Bedeutung zukommt.

Eine Kombination der beiden Zementarten stellt der Silico-Phosphat- oder Steinzement dar. Darin werden je nach Zusammensetzung des Präparates die physikalischen und chemischen Eigenschaften geändert. Es soll damit die gute Transparenz und Widerstandskraft des Silikatzementes mit der Haftfähigkeit des Phosphatzementes kombiniert werden.

Diese Zementgruppen nehmen einen breiten Indikationsbereich bei konservierenden und prothetischen Arbeiten ein, wobei immer wieder die Frage der Haftintensität bei der Auswahl der Zemente gestellt wird. Zur Prüfung der Qualitäten von zahnärztlichen Werkstoffen wurden von der A.D.A. Spezifikationen aufgestellt. Es ist dabei auffallend, daß bisher in den Spezifikationen der A.D.A. (American Dental Association) und F.D.I. (Fédération Dentaire Internationale) keine Richtlinien zur Bestimmung der Haftintensität geschaffen wurden, sie wird nicht einmal erwähnt.

In der Literatur ist der Begriff " Haftintensität " nicht eindeutig festgelegt. Man ist sich sowohl in seiner Bedeutung als auch der Messung nicht einig, so daß die Kräfte, die den Halt einer Füllung aus-

machen, als Adhäsion, Wandhaftung, Klebkraft, Haftvermögen und Haftintensität bezeichnet werden.

A. H A T T E M E R und K Ü B E L (8) sind der Auffassung, daß das Haftvermögen durch Adhäsionskräfte zustande kommt. Sie weisen bei ihrem Versuch an Elfenbein ausdrücklich darauf hin und lehnen den Begriff " Haftintensität " ab. Unter Adhäsion verstehen sie die Wirkung molekularer Kräfte von einander unterschiedlichen Stoffen. Auch M O R G E N S T E R N und K U L K A (18, 20) prüften die Adhäsion an Elfenbein. P A F F E N B A R G E R , S W E E N E Y und I S A A C S (22) sind der Ansicht, daß Phosphatzement haftfähig sei, Silikatzemente dagegen nicht. " Dieser Unterschied beruht wahrscheinlich auf der Tatsache, daß Phosphatzemente in weichem, nicht erhärtetem Zustand klebrig sind und ein Feuchtwerden der Flächen verursachen, auf denen sie aufgetragen werden, während das bei den Silikatarten nicht der Fall ist. Das hängt wahrscheinlich von der Oberflächenspannung ab ".

Nach S P A N N E R (27), F A L C K (6) und W E I K A R T (30) dringt die angerührte, weiche Zementmasse in die Unebenheiten der Oberfläche ein. S P A N N E R bezeichnet dies als Verankerung, F A L C K als Verzahnung; beide glauben an das Vorliegen mechanischer Kräfte und nicht an Adhäsionskraft.

Zur Bestimmung der Abrißkraft benutzte W E I K A R T Schmirgelleinen als Versuchsfläche. Er berichtet über ein " Abplatzen " des Zementes, nachdem die Säuren durch den Abbindevorgang restlos abgebunden und durch Volumenänderung Spannungen aufgetreten seien.

K U N E R T (19) nimmt nach seinen Untersuchungen über Volumenbeständigkeit und Klebkraft an, daß die Haftintensität durch Erhärtungsexpansion des Phosphatzementes auftritt.

Dagegen macht D R U M (3) die Haftintensität von 2 Faktoren abhängig, einmal von der " Fähigkeit des weichen Zementes, in feinste Vertiefungen des Körpers, an dem es haften soll, einzudringen, zum anderen von oberflächenaktiven Kräften ".

Zur Klärung und Messung der Frage stellten A.J. H A T - T E M E R , B U R K H A R D und W.N. H A T T E M E R (9) Abreißversuche an, bei denen Zemente von Dentinflächen abgezogen wurden. Sie ermittelten als Mittelwert nach 60 min für Phosphatzement eine Haftintensität von maximal $11,54 \text{ kg/cm}^2$, für Silikatzement $2,99 \text{ kg/cm}^2$ und für Steinzement $15,94 \text{ kg/cm}^2$. Silikatzemente besitzen danach auf Grund ihrer großen Kontraktion eine geringe Haftung, dagegen Phosphat- und Steinzemente umso mehr, je feiner die Pulverteilchen sind.

Sie verstehen unter Haftintensität die Summe der Zerreißfestigkeit aller in der Dentinfläche verankerten Zementteilchen, aber nur im geringen Maß deren Adhäsion am Dentin. Adhäsion sei für den plastischen Zustand bedeutungsvoll, aber nicht mehr nach dem Erhärten, danach hafte der Zement durch das Eindringen in die Oberflächenrauigkeit des Dentins.

In seinen mikroskopischen Untersuchungen über die Dentinwunde stellte S T Ü B E N (28) das Volumen der Dentinkanälchen fest. So beträgt bei jugendlichen Zähnen der Weichgewebsanteil des Dentins etwa 20 %. K E T T E R L (15) gibt für jugendliche, permanente Zähne für peripheres Dentin 16.000 Kanälchen pro mm^2 an und für pulpenahes Dentin 64.000 pro mm^2 .

H E N S E L (10) hebt eine um 30 % höhere Haftintensität bei dickerer Füllungskonsistenz für Phosphatzemente hervor. Außerdem soll das Haften auf befeuchteter Grundlage um 5 - 10 % bei Phosphatzement und um 40 - 50 % bei Silikatzement gesteigert werden können. Nach einer Abbindzeit von 1 Stunde sei die größte Haftintensität erreicht.

G R I E S E R (7) unterstrich, daß neben oberflächenaktiven Kräften ein gleichmäßig zermahlenes Pulver zur stark klebefähigen Plastizität beiträgt.

- 2) Bayer Phosphatzement
(schnellhärtend)
Fa. Bayer Leverkusen
- 3) Harvard Phosphatzement
(normalhärtend)
Fa. Richter & Hoffmann
- 4) Harvard Phosphatzement
(schnellhärtend)
Fa. Richter & Hoffmann
- 5) Fixodont Phosphatzement
(schnellhärtend)
Fa. De Trey
- 6) Phosphat Spezial-Befestigungs-
zement
Fa. Wilde

Universalzemente:

- 7) Terralux - Universal-Ultra
Fa. Mühlbauer & Co.
- 8) Terraquick
Fa. Mühlbauer & Co.
- 9) Omnifil Allzweckzement
Fa. Jota

Steinzemente:

- 10) Bayer Steinzement
Fa. Bayer Leverkusen
- 11) Mamor Zement
Fa. Mamor Laboratorium Berlin
- 12) Harvardid 52
Fa. Richter & Hoffmann
- 13) Keratit
Fa. Vivadent, Schaan-
Liechtenstein
- 14) Drala Steinzement
Fa. Drala GmbH, Hamburg
- 15) Restorit
Fa. De Trey

- Silikatzemente: 16) Achatit biochromatic
 Fa. Vivadent, Schaan-
 Liechtenstein
- 17) S.S. White
- 18) Super Syntrex
 Fa. De Trey

Es wird in dieser Arbeit die Annahme zugrunde gelegt, daß die Haftfähigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit eines Körpers abhängig ist. Als Versuchsmaterial wird Elfenbein und menschliches Dentin verwendet. An den präparierten Flächen sollen Abreißversuche vorgenommen und die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

Da bei Laboratoriumsprüfungen die Meßergebnisse von gleichbleibenden Faktoren abhängig sind, wurde davon abgesehen, den menschlichen Zahn ausschließlich als Versuchsobjekt zu wählen. Voraussetzungen für genaue Zahlenwerte sind:

- 1) Gleiche Materialbeschaffenheit,
- 2) Volumengleichheit und
- 3) gleichförmige Haftfläche für
 Zementproben.

Als Material bietet sich Elfenbein mit offenbar ähnlicher Struktur und Zusammensetzung wie das menschliche Dentin an.

Es steht in ausreichenden Mengen zur Verfügung und hat zugleich den Vorteil einer unkomplizierten Verarbeitung. Wie oben angeführt, ist die Haftintensität auf die rauhe Oberfläche des Prüfobjektes zurückzuführen. Dabei darf der morphologische Aufbau der Testflächen jedoch nicht unberücksichtigt bleiben. Sowohl Elfenbein als auch Dentin besitzen mit ihren mikroskopisch-kleinen Öffnungen, den Dentinkanälchen, zusätzliche, oberflächliche Unebenheiten. Sie werden bei der Bearbeitung mit Schleif- und Bohrinstrumenten angeschliffen.

Im folgenden sollen die bestehenden Ähnlichkeiten von Elfenbein und Dentin dargestellt werden:

Elfenbeinproben wurden mit unter Wasser laufendem Silicium-Korund Papier feinsten Körnung geschliffen und anschließend mit einem Nylonschwabbel auf Hochglanz poliert, um auch kleinste noch bestehende Kratzer zu beseitigen. In gleicher Weise wurden menschliche Dentinproben von extrahierten Molaren geglättet. Die Zahnkrone wurde vorher unmittelbar über der Pulpa abgetrennt, um eine möglichst große Dentinfläche zur Verfügung zu haben.

In den Abbildungen 1 - 3 sind die Oberflächen von Dentin und Elfenbein, mit einem Leitz-Mikroskop betrachtet, wiedergegeben worden.

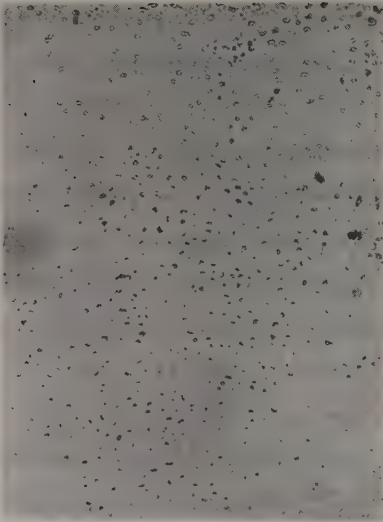
Die Aufnahmen sind mit dem Orthomat gemacht worden und stellen eine 500-fache Vergrößerung des unter dem Mikroskop ermittelten Zentrums dar.

Die Auszählung der Dentinkanälchen pro Flächeneinheit erfolgte auf den Fotografien. Dazu wurden die gut sichtbaren Flächen in Quadrate von 1 cm Seitenlänge geteilt. Entsprechend der Vergrößerung ergab die Umrechnung auf 1 mm^2 Flächeneinheit für:

Elfenbein	38.500 Dentinkanälchen pro 1 mm^2
Dentin	30.400 Dentinkanälchen in Pulpennähe pro 1 mm^2
Dentin	16.000 Dentinkanälchen peripher pro 1 mm^2 (Schmelz-Dentin-Grenze)

Die Ursache der Diskrepanz der Werte zwischen pulpen- nahen und peripheren Dentinkanälchen entspricht der Dentinentwicklung und ist mit der früheren Bildung des Dentins an der Schmelz-Dentin-Grenze zu erklären.

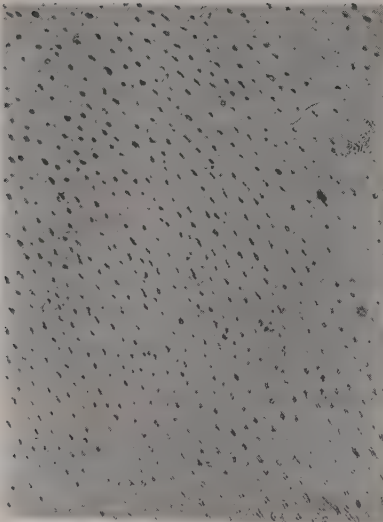
Bei der Präparation einer Kavität nehmen nach S T Ü B E N (28) die pulpen- nahen Dentinkanälchen bei Jugendlichen bis zu 28 % und peripher bis zu 19 % des Kavitätenbodens ein.



Dentinkanälchen
von Elfenbein

V = 500 x

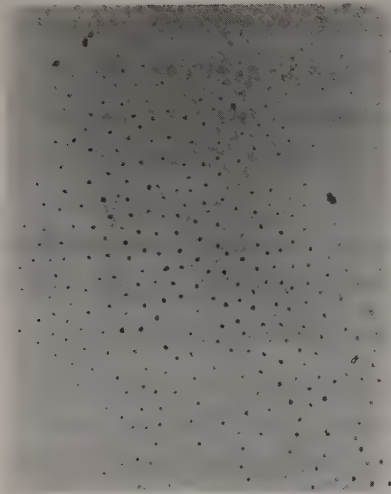
Abb. 1



Dentin eines Molaren
bis in Pulpenähe ab-
geschliffen

V = 500 x

Abb. 2



Wenige dichte Dentin-
kanälchen

V = 500 x

Abb. 3

2. Oberflächenbeschaffenheit der Versuchskörper

Um die Versuchsbedingungen im Laboratorium optimal anzugleichen, ist es von großer Bedeutung, eine bestimmte Oberflächenrauigkeit zur Messung von Abzugskräften für den an der Fläche haftenden Zement zugrunde zu legen.

Die Gestaltung der Oberfläche ist von der Größe des Korns, dem Druck und der Geschwindigkeit des Schleifkörpers abhängig.

Außerdem beeinflussen Form und Vibration bzw. Schlag des Werkzeuges die Oberflächengestalt. Mikroskopisch lassen sich Abweichungen von der idealen Oberfläche, wie Rauhigkeit und Welligkeit, erkennen.

Die Rauhigkeit ist durch das Verhältnis des Riefenabstandes zur Rauhtiefe definiert, wie in Abb. 4 nach O N T R U P (21) gezeigt wird.

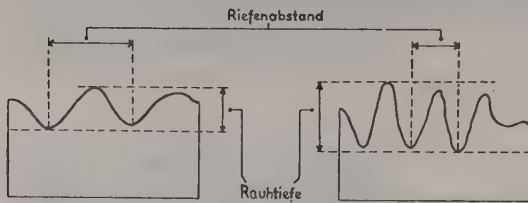


Abb. 4

Bei kleinem Riefenabstand und großer Rauhtiefe ist die Rauhigkeit größer, als bei großem Riefenabstand und kleiner Rauhtiefe.

Untersuchungen mit Aufzeichnungen der Rauhigkeit ließ das Oberflächenprüf- und -meßgerät Perth-O-Meter, Typ Universal, zu.

Das Gerät ist ein Tastschnittgerät, dessen Mikrotaster Messungen des Oberflächenprofils vornimmt. In einem Zylinder, der über das Material gleitet, befindet sich eine Diamantspitze, die durch das verschieden tiefe Profil vertikal abgelenkt wird, um eine sichere Beurteilung einer feingestalteten Oberfläche zu gewährleisten. Die Diamantspitze muß so ausgerichtet sein, daß sie senkrecht auf der Oberfläche steht. Sie gleitet quer zu den Schleif-
rillen über die Probe. So können die ermittelten Werte über ein Profilschreibgerät als vergrößertes Profilbild aufgezeichnet werden. Zugleich werden aber auch Welligkeiten mit verschiedenen Überhö-
hungen wiedergegeben. Die Meßweglänge betrug 4 mm. Gemessen wurde mit dem halbstarren Tastsystem HT 250/6.

Von den mit Schleifpapier bearbeiteten Elfenbein- und Dentinflächen wurden 2 beliebige Proben ausgewählt. Neben der Messung der Rauhtiefe R_t (Abb. 5) wurde von jeder Probe ein Profildigramm der Welligkeit und Rauhtiefe ($W + R_t$) geschrieben (Abb. 6). Das Profildigramm der Welligkeit und Rauhtiefe zeigt den wahren Verlauf der Oberflächenkurve. Das Diagramm der Welligkeit zeigt die Oberfläche, bei der die Rauigkeit nicht mit berücksichtigt wurde. In beiden Fällen entsprechen 10 mm im Diagramm der tatsächlichen Länge von 250 μ in der Horizontalen und 10 μ in der Vertikalen. Die Überhöhung beträgt
25 : 1.

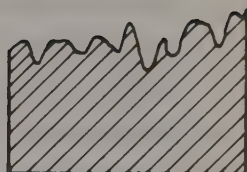
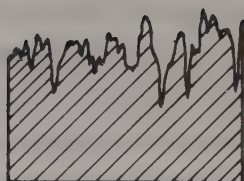


Abb. 5

a)

b)

Tastschnitt von einer Elfenbeinfläche

a) Welligkeit + Rauhtiefe 15 μ

b) Welligkeit 6 μ

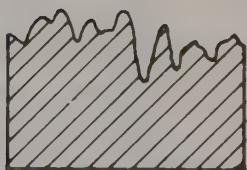
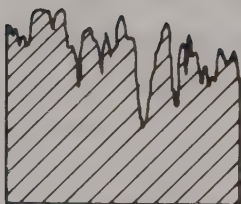


Abb. 6

a)

b)

Tastschnitt von einer Dentinfläche

a) Welligkeit + Rauhtiefe 16 μ

b) Welligkeit 8 μ

Als Versuchskörper wurden Elfenbeinplättchen nach den Maßen 13 x 12 x 3 mm hergestellt, die an der Längsseite abgeschrägt waren. Auf diese Weise konnten sie parallel in eine dafür konstruierte Metallhalterung geschoben werden, in der sie fixiert wurden. Der eigentliche Sinn der Halterung wird später bei der Beschreibung der Versuchsanordnung beschrieben. An der Rückseite wurde ein Gefäß mit Schrotkugeln angebracht, die zusammen mit der Metallhalterung ein Gewicht von 200 g ausmachen. Die einzelnen Elfenbeinplättchen konnten so planparallel auf einer unter Wasser laufenden Silicium-Korund-Papierscheibe geschliffen werden. Die Geschwindigkeit betrug 240 Umdrehungen pro Minute. Durch die grobe Körnung 120 sollte eine möglichst große Rauigkeit erzeugt werden. Die Proben mußten vorsichtig mit der Hand aufgesetzt werden, um ein Verkanten der zu beschleifenden Flächen zu vermeiden und einen gleichmäßigen Druck zu gewährleisten. Feuchtes Beschleifen ist hier angebracht, damit abgenutzte Schleifkörner und Schleifstaub des Materials nicht zu Nebenerscheinungen führen.

Um Dentin in gleicher Weise beschleifen zu können, wurde die Krone mit Diamanten bis nahe an die Pulpenhörner abgeschliffen. Es sollte die Fläche mit der größten Dentinkanälchen-Dichte für die Abreißversuche zur Verfügung stehen.

Es wurden nur Molaren mit größerer Dentinfläche benutzt. Die Wurzeln wurden angebohrt, um den Zähnen in Palavitblöcken Retentionsmöglichkeiten zu geben, die nach den Maßen der oben angeführten Halterung angefertigt wurden. Danach konnten die Dentinproben gleich dem Elfenbein bearbeitet und auf ihre Oberflächenrauigkeit geprüft werden. Zehn Proben der beschliffenen Plättchen wurden mit dem Lichtschnittmikroskop von Carl Zeiss nach Prof. Schmaltz betrachtet. Die hierbei ermittelten Werte sind das arithmetische Mittel aus jeweils 10 Messungen, die an verschiedenen Stellen der Probe durchgeführt worden sind.

•

16,4	15	12	15	17	15,8	13,5	16,5	17	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Druck: 200 g

Umdrehung: 240/min

Die Rauigkeit ergab Schwankungen zwischen 12 μ und 17 μ .

Die Untersuchung zeigte, daß Elfenbein- und Dentinflächen nach dem Beschleifen mit Silicium-Korund Papier (Körnung 120) vergleichbar sind und im Durchschnitt eine Rauigkeit von 12 μ - 17 μ aufwiesen.

3. Prüfungsmethode

Nach der beschriebenen Methode wurde die Oberfläche von 200 Elfenbeinstücken und 30 Molaren bearbeitet. Auf die Elfenbeinfläche wurde nun ein PVC-Ring mit der lichten Weite von 6,0 mm und einer Höhe von 5,0 mm zur Aufnahme der plastischen Zementmasse gesetzt. Das entspricht einer Grundfläche von $28,27 \text{ mm}^2$. In die Zementmasse wurde gleichzeitig ein Stahlhaken eingelassen, dessen im Zement befindlicher, abgeflachter Teil bei den späteren Abrißversuchen eine genügend große Retention bieten konnte. An dem herausragenden Teil konnte ohne Schwierigkeiten das Gewicht für den Abzugversuch eingehängt werden. Die Proben befanden sich bis zu ihrer Verwendung in einer " feuchten Kammer " und wurden immer nur kurze Zeit für einen Versuch entnommen. Die " feuchte Kammer " sollte mundähnliche Verhältnisse nachahmen.

Über 10 Tage wurden Elfenbeinstücke und Dentin auf ihre Feuchtigkeitszunahme geprüft. In einem Exsikkator wurde ihnen mittels Silikatgel Feuchtigkeit entzogen. Die Proben wurden täglich mit einer Präzisionswaage auf 1/1000 g genau ausgewogen. Nach 10 Tagen trat praktisch ein konstant bleibendes Gewicht ein, was bedeutet, daß kaum noch Flüssigkeit entzogen werden konnte.

Im Durchschnitt hatten die Proben in der " feuchten Kammer " 15,85 % ihres Gewichtes an Wasser aufgenommen.

Der Abreißapparat war so konstruiert, daß zwei Stäbe parallel zueinander senkrecht auf einer Platte montiert waren. Am Ende des einen Stabes war eine Metallhalterung befestigt, in welche die einzelnen Probestücke eingeschoben werden konnten, so daß der einzementierte Haken waagerecht auf den zweiten Stab gerichtet war. Am Ende des zweiten Stabes befand sich eine Rolle, über die ein dünnes Drahtseil lief, an dessen Ende eine leichte Waagschale angebracht war. Das Drahtseil wurde beim Abreißversuch in das einzementierte Häkchen eingehängt. Zur Belastung wurden Schrotkugeln benutzt, die langsam und gleichmäßig in den Gewichtsbehälter geschüttet wurden. In Abbildung 7 ist die Apparatur schematisch dargestellt.

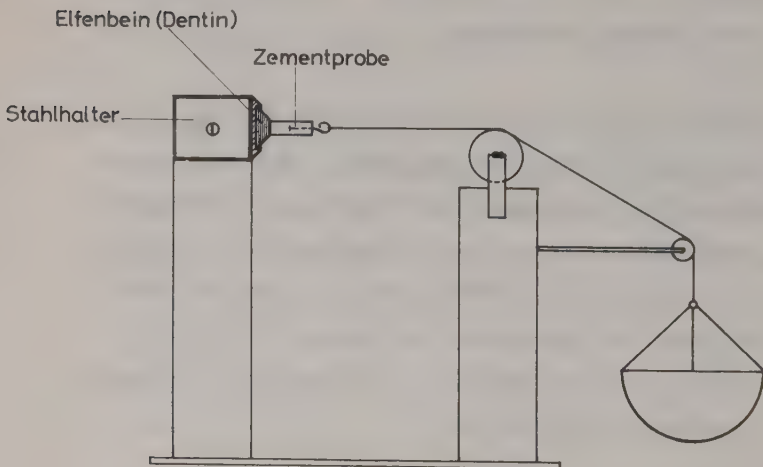


Abb. 7

Die beschriebene Anordnung hatte folgende Vorteile:

- 1) Es war immer die gleiche Oberflächen-
rauhigkeit von Elfenbein und Dentin
gegeben.
- 2) Der Zement haftete immer auf einer
gleichgroßen Grundfläche.
- 3) Die Elfenbein- und Dentinproben konnten
wieder verwendet werden.
- 4) Die Befestigungsart genügte den an sie
gestellten Anforderungen.

Zum Anrühren wurde eine mit Wasser gefüllte Glas-
platte der Firma Jota (8 x 16 x 2 cm) verwendet.
In einer ihrer Verschlusskappen ist ein Thermometer
angebracht, wodurch die Temperatur des Wassers
kontrollierbar ist. Auf diese Weise ist es möglich,
eventuell durch Erneuern des Wassers, die Temperatur
konstant zu halten. Die Temperatur des Wassers be-
trug beim Anmischen 18 bis 20°C. Nur für das An-
rühren der Universalzemente wurde die Platte auf
15°C gekühlt. Die Raumtemperatur betrug 20°C, war
aber infolge unterschiedlicher Außentemperatur
Schwankungen von $\pm 2^{\circ}\text{C}$ unterworfen.

In Vorversuchen wurden die geeigneten Gewichtsver-
hältnisse Pulver : Flüssigkeit unter Berücksichtigung
der von den Herstellerfirmen angegebenen Mengen
ermittelt. Diese Verhältnisse wurden für alle Proben
beibehalten.

Flüssigkeitsmenge		entsprechende Pulvermenge
in ml		in g
1)	0,5	1,50
2)	0,5	1,50
3)	0,5	1,60
4)	0,5	1,55
5)	0,5	1,25
6)	0,5	2,00
7)	0,5	2,00
8)	0,5	2,00
9)	0,5	1,70
10)	0,5	2,20
11)	0,5	2,00
12)	0,5	2,00
13)	0,5	2,00
14)	0,5	2,20
15)	0,5	2,10
16)	0,5	2,25
17)	0,5	2,20
18)	0,5	2,20

Tabelle 1

Die Anmischzeit überschritt nicht 1 bis 1 1/2 Minuten bei Phosphatzementen, und 1 Minute bei Silikatzementen. Das Pulver wurde zunächst in zwei Teile geteilt, davon eine Hälfte wieder in zwei Teile, so daß 1/2 Teil und zweimal 1/4 Teil vorhanden waren. Zuerst wurde ein kleiner Teil mit Flüssigkeit vermischt, danach folgte das zweite Viertel. und zum Schluß der Großteil des Pulvers.

Das Stopfen wurde unter Druck mit einem in der Praxis üblichen Stopfinstrument durchgeführt. Der Stahlhaken war vorher mit Zahnlack bestrichen worden, um gegen chemische Einflüsse geschützt zu sein und den Abbindevorgang nicht zu gefährden. Er wurde mit dem Stopfvorgang in den Zement gesenkt. Danach kamen die Proben unverzüglich in die " feuchte Kammer ". An Elfenbein wurden nach Erhärungszeiten von 10 min, 30 min, 60 min, 5 Std., $2\frac{1}{4}$ Std., 1 Woche und 2 Wochen für jede Zeit 10 Abreißversuche, an Dentin für jede Zeit 3 Versuche durchgeführt. Die Elfenbein- und Dentinflächen wurden nur einmal benutzt und danach wieder neu beschliffen, um Zementreste vollständig zu beseitigen.

4. Ergebnisse und statistische Auswertung

Die Auswertung der Versuchsreihe ergab ein sehr unterschiedliches Verhalten der verschiedenen Zemente, besonders zu Beginn des Abbindens und nach einer Zeit von zwei Wochen. Die in Tabelle 2 aufgeführten Werte sind das arithmetische Mittel aus je 10 Einzelversuchen. Die Abreißversuche wurden nach sieben verschiedenen Abbindezeiten durchgeführt. Um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können, wurden nach der Varianzanalyse (n. Fisher) bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 % signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Zementen bei bestimmten Zeiten festgestellt.

ZUSAMMENSTELLUNG DER MITTELWERTE AN ELFENBEIN IN GRAMM

	10 min	30 min	60 min	5 Std.	24 Std.	1 Woche	2 Wochen
<u>Phosphatzemente:</u>							
Nr. 1	2005	1402	2085	1439	383	324	302
Nr. 2	1116	1028	1140	1496	1195	63	82
Nr. 3	1827	1939	1548	2583	1768	229	113
Nr. 4	1698	1005	1732	2178	1513	656	47
Nr. 5	1722	1787	1373	1647	1369	103	56
Nr. 6	2087	1975	2650	2300	2477	3286	1697
<u>Universalzemente:</u>							
Nr. 7	2516	1762	1913	1977	1687	127	27
Nr. 8	1885	2035	2361	2078	1298	988	42
Nr. 9	3363	3464	3899	2561	2335	1707	989
<u>Steinzemente:</u>							
Nr. 10	1961	2025	2327	2021	2087	2121	1704
Nr. 11	2680	2117	2214	1995	1592	2244	1965
Nr. 12	1248	1336	1654	1621	2064	1442	2350
Nr. 13	2768	2625	2271	2700	2734	2013	1799
Nr. 14	1709	2878	3110	2455	3365	2131	2520
Nr. 15	2218	1885	1955	2274	2184	1413	1398
<u>Silikatzemente:</u>							
Nr. 16	1196	1436	1731	1661	1410	1671	1982
Nr. 17	1602	1384	1796	1419	686	1011	972
Nr. 18	1433	1653	2139	1853	1047	1593	1954

Tabelle 2 (1. Teil)

ZUSAMMENSTELLUNG DER MITTELWERTE AN DENTIN IN GRAMM

	10 min	30 min	60 min	5 Std.	24 Std.	1 Woche	2 Wochen
<u>Phosphatzemente:</u>							
Nr. 1	2343	2123	2997	1850	1527	1400	12200
Nr. 2	2376	1803	1843	1593	1100	1180	2003
Nr. 3	2560	1803	1570	2497	1983	2420	2480
Nr. 4	3223	2140	3053	2560	2377	2893	2930
Nr. 5	2700	2627	1973	1763	1197	1423	2650
Nr. 6	2097	2077	2637	2153	2863	2993	1807
<u>Universalzemente:</u>							
Nr. 7	1243	1517	1620	1430	1247	1517	2043
Nr. 8	1317	1383	1597	1470	1203	730	57
Nr. 9	1943	3323	3330	2227	2027	1187	1007
<u>Steinzemente:</u>							
Nr. 10	2050	1737	2363	1827	2973	2297	1527
Nr. 11	1863	1537	1527	1477	1790	1813	1763
Nr. 12	1287	1743	1507	2813	1810	1407	2193
Nr. 13	2070	2257	2103	2803	2880	1723	1547
Nr. 14	1307	2350	2520	2287	2753	1933	2463
Nr. 15	2353	2197	1987	2403	2333	1903	1553
<u>Silikatzemente:</u>							
Nr. 16	1387	2193	1807	1420	1627	1713	2397
Nr. 17	1500	1507	1590	1403	1380	1243	1070
Nr. 18	1200	1720	2400	2327	1107	1613	2270

Die Zementgruppen können dabei kaum unterschieden werden. Das ergibt, daß die Mittelwerte von 10 Versuchen als echte Unterschiede im Sinne einer statistischen Auswertung anzusehen sind.

Im folgenden werden die einzelnen Gruppen (Phosphat-, Universal-, Stein- und Silikatzemente) in ihrem Verhalten über die Abbindezeit untersucht und Extremwerte nach 1 und 2 Wochen Aushärtung herausgestellt.

Die Ermittlung der Standardabweichung geschah nach der Formel

$$s = \frac{Sx^2 - \frac{(S\bar{x})^2}{n}}{n - 1}$$

Dabei gilt für

S = Summe

x = Einzelwert

$\bar{x}$ = Mittelwert

n = Anzahl der Einzelwerte

Mit der Standardabweichung werden 68,26 % aller Werte erfaßt, die in dem Bereich liegen.

Die Abreißwerte sind in den Abb. 8 bis 15 zur besseren Übersicht in graphischen Darstellungen wiedergegeben und wurden in Gramm gemessen.

Haftintensität nach 1 Woche

Bayer-Phosphat (nh)
0,3 kg s $\pm$ 25,0 g
Bayer-Phosphat (sh)
0,06 kg s $\pm$ 4,5 g
Harvard-Phosphat (nh)
0,2 kg s $\pm$ 31,0 g
Harvard-Phosphat (sh)
0,6 kg s $\pm$ 43,0 g
Fixodont-Phosphat (sh)
0,1 kg s $\pm$ 13,0 g
Phosphat-Spezial- Befestigungszement
3,3 kg s $\pm$ 50,0 g

E l f e n b e i n
=====

Haftintensität nach 2 Wochen

Bayer-Phosphat (nh)
0,3 kg s $\pm$ 38 g
Bayer-Phosphat (sh)
0,08 kg s $\pm$ 10 g
Harvard-Phosphat (nh)
0,1 kg s $\pm$ 19 g
Harvard-Phosphat (sh)
0,05 kg s $\pm$ 4 g
Fixodont-Phosphat (sh)
0,06 kg s $\pm$ 6 g
Phosphat-Spezial- Befestigungszement
1,6 kg s $\pm$ 38 g

E l f e n b e i n
=====

Haftintensität nach 1 Woche

Bayer-Phosphat (nh)
1,4 kg s $\pm$ 40 g
Bayer-Phosphat (sh)
1,2 kg s $\pm$ 32 g
Harvard-Phosphat (nh)
2,4 kg s $\pm$ 16 g
Harvard-Phosphat (sh)
2,9 kg s $\pm$ 52 g
Fixodont-Phosphat (sh)
1,4 kg s $\pm$ 22 g
Phosphat-Spezial- Befestigungszement
3,0 kg s $\pm$ 54 g

D e n t i n
=====

Haftintensität nach 2 Wochen

Bayer-Phosphat (nh)
1,2 kg s $\pm$ 9 g
Bayer-Phosphat (sh)
2,0 kg s $\pm$ 43 g
Harvard-Phosphat (nh)
2,5 kg s $\pm$ 3 g
Harvard-Phosphat (sh)
2,0 kg s $\pm$ 23 g
Fixodont-Phosphat (sh)
2,6 kg s $\pm$ 10 g
Phosphat-Spezial- Befestigungszement
1,8 kg s $\pm$ 47 g

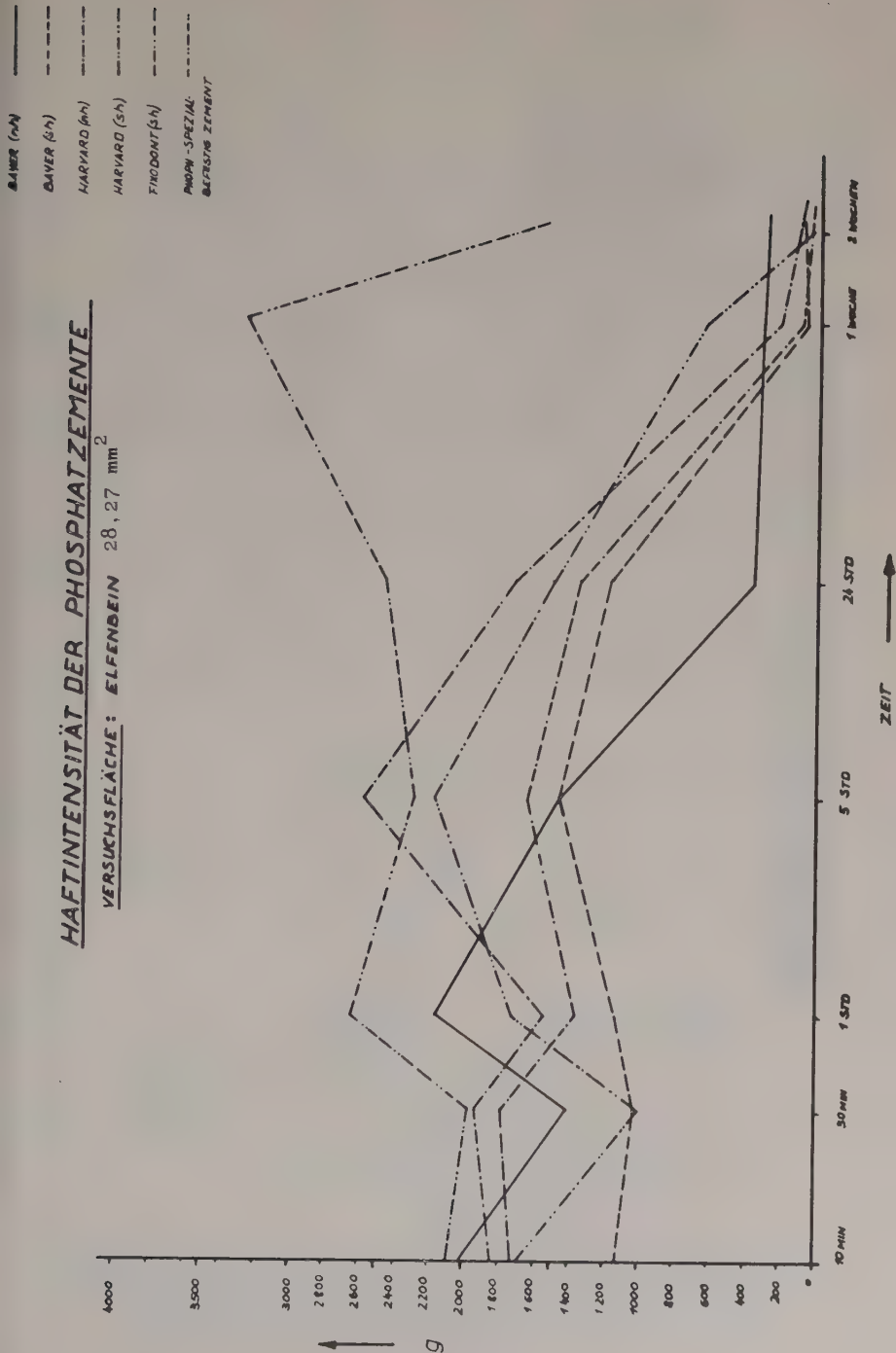
D e n t i n
=====

Phosphatzemente

Mit Elfenbein zeigen alle untersuchten Phosphatzemente ein uneinheitliches Verhalten bis zu einer Erhärtungszeit von 5 Std.. Danach sinkt die Haftintensität der Zemente 1 bis 5. Zement 6 nimmt nach einer Woche das Maximum mit rund 3,3 kg ein. Der Kurvenverlauf ist dann weiter fallend, bis nach 2 Wochen für die Zemente 1 bis 5 ein Minimum von 0,05 bis 0,3 kg erreicht ist. Nur Nr. 6 (Wilde Phosphatzement) hat noch eine Haftfähigkeit von 1,7 kg. Der Vergleich an Dentin bestätigt das Absinken bis zu einer Abbindezeit von 24 Std.. Danach steigen alle Werte mit Ausnahme von Nr. 6 und Nr. 1, die ein Minimum nach 2 Wochen erreichen.

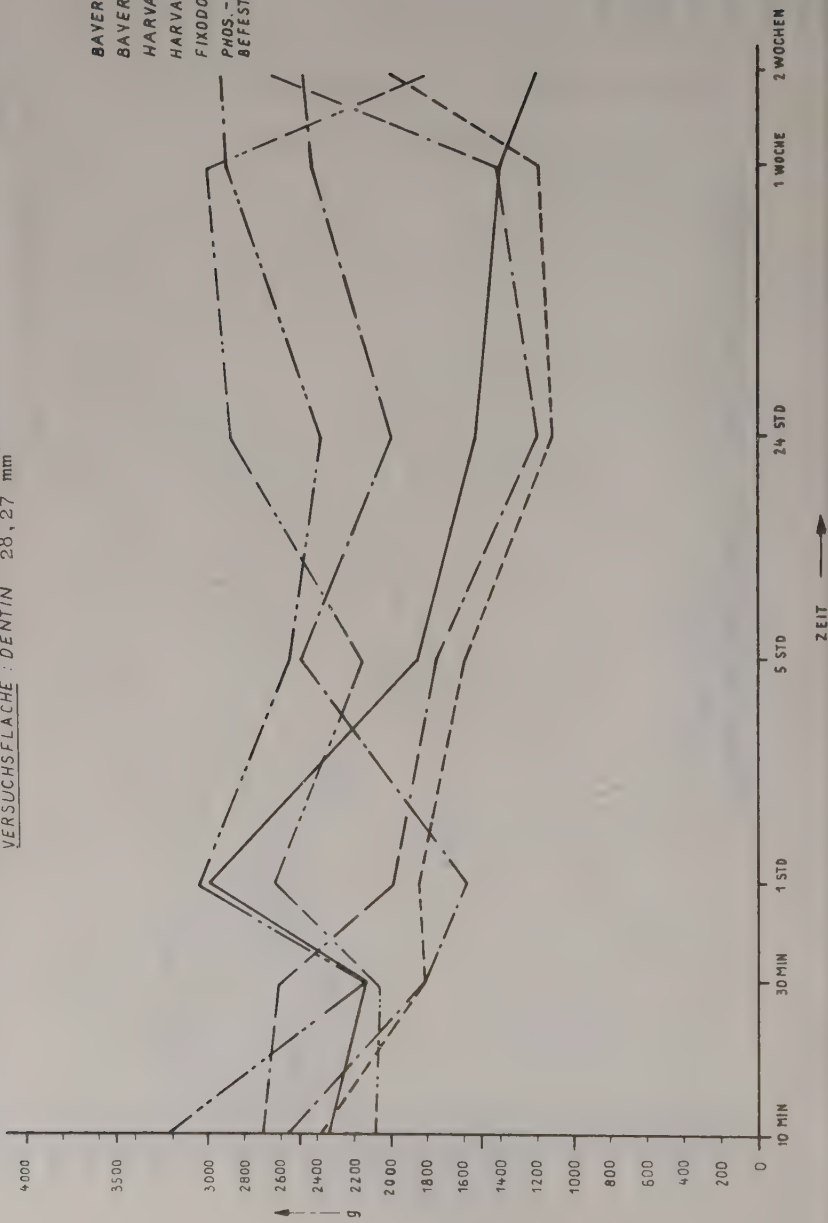
HAFTINTENSITÄT DER PHOSPHATZEMENTE

VERSUCHSFLÄCHE: ELFENBEIN 28,27 mm²



HAFTINTENSITÄT DER PHOSPHATZEMENTE

VERSUCHSFLÄCHE : DENTIN 28,27 mm²



Universalzemente

Die Universalzemente erreichten ihre höchste Haftintensität nach ca. 60 min, mit Ausnahme von Nr. 7, Terralux-Ultra. Danach wurde ein gleichmäßiges Abfallen der Kurve festgestellt. Den höchsten Wert erreichte Nr. 9 (Omnifil) nach 60 min mit 3,9 kg. An Elfenbein hatte Omnifil nach zwei Wochen den höchsten Wert mit 0,98 kg. Terralux den niedrigsten mit 30 g.

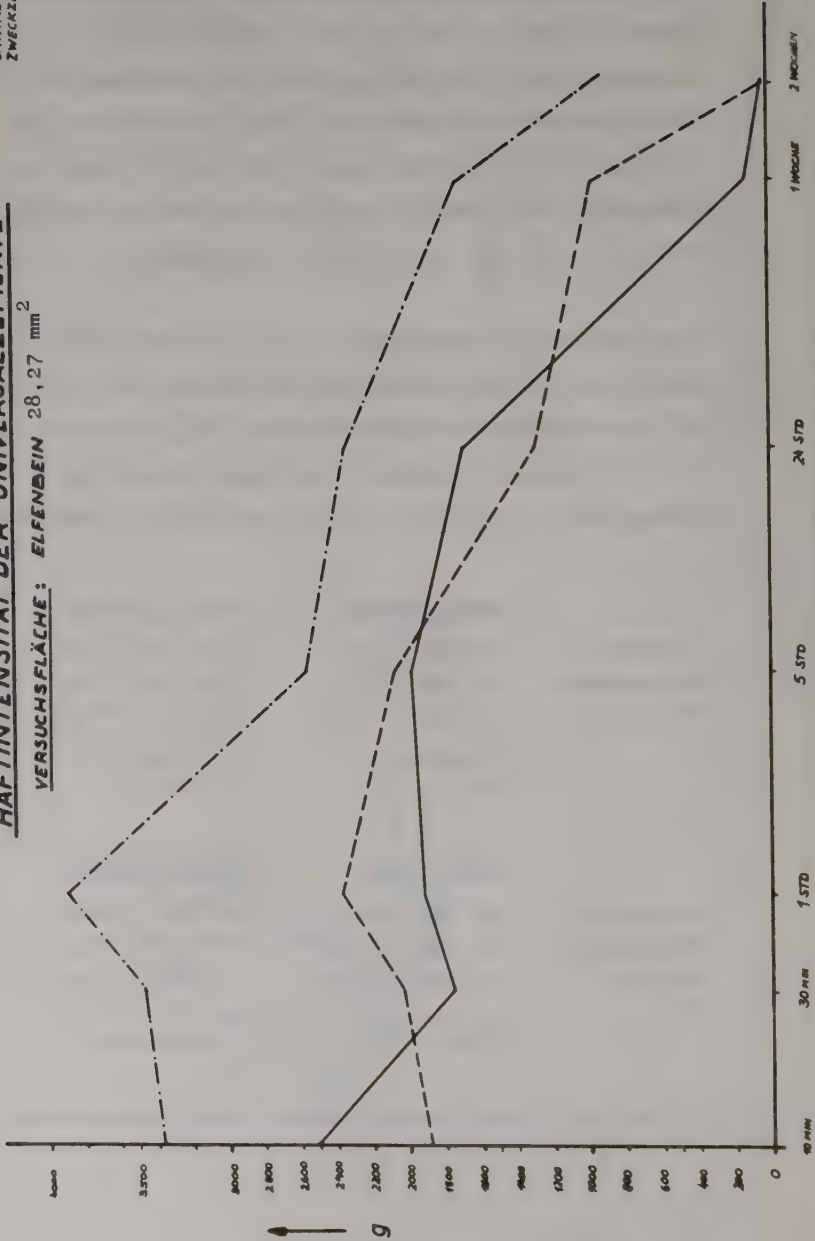
Auch am Dentin zeigte Omnifil den höchsten Wert, danach fiel die Haftintensität kontinuierlich ab, bis Nr. 8 (Terraquick) ein Minimum von 60 g erreichte. Nr. 7 (Terralux) benötigte nach zwei Wochen ein Abrißgewicht von 2,0 kg, was die obere Grenze darstellte.

	<u>Nach 1 Woche</u>	<u>Nach 2 Wochen</u>
Terralux	0,1 kg $\pm$ 19 g	0,03 kg $\pm$ 3 g
Terraquick	0,9 kg $\pm$ 29 g	0,04 kg $\pm$ 3 g
Omnifil	1,7 kg $\pm$ 64 g	0,8 kg $\pm$ 29 g
Elfenbein		Elfenbein
=====		=====

	<u>Nach 1 Woche</u>	<u>Nach 2 Wochen</u>
Terralux	1,5 kg $\pm$ 30 g	2,0 kg $\pm$ 65 g
Terraquick	0,7 kg $\pm$ 12 g	0,06 kg $\pm$ 2 g
Omnifil	1,2 kg $\pm$ 13 g	1,0 kg $\pm$ 15 g
D e n t i n		D e n t i n
=====		=====

TERRALUX-
 UNIVERSAL-ULTRA
 TERRAGUICK
 OMNIFIL-ALL-
 ZWECKZWECK

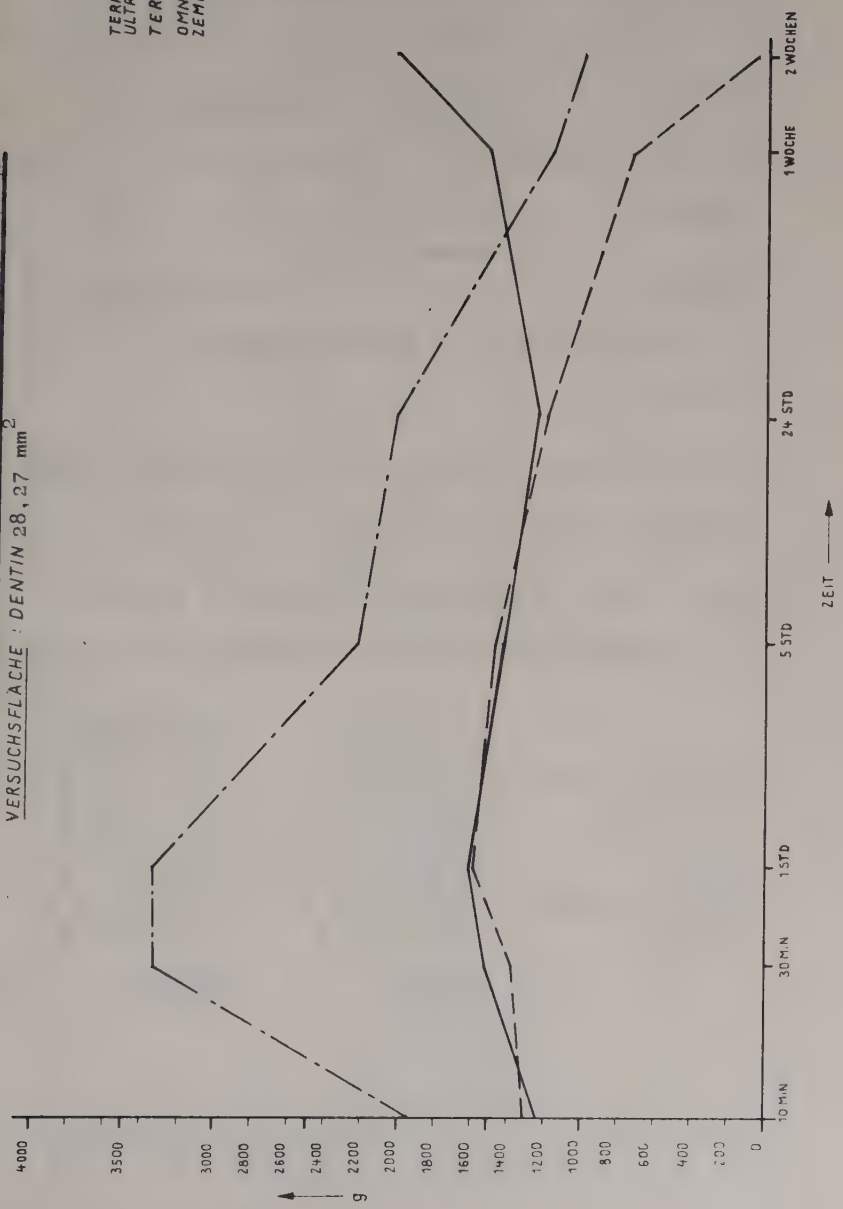
HAFTINTENSITÄT DER UNIVERSALSALZEMENTE VERSUCHSFLÄCHE: ELFENBEIN 28,27 mm²



HAFTINTENSITÄT DER UNIVERSALZEMENTE

VERSUCHSFLÄCHE : DENTIN 28,27 mm²

- TERRALUX-UNIVERSAL
ULTRA
- TERRAQUICK
- OMNIFIL ALLZWECK-
ZEMENT



Steinzemente

Am Elfenbein ragte bei den Steinzementen nach 60 min Nr. 14 (Drala) mit einem Wert von 3,1 kg heraus, alle anderen Sorten zeigten bis zur Abbindezeit von 5 Std. eine gewisse Stabilität. Nach einem Tag stieg die Kurve von Drala bis auf 3,3 kg. Später waren die Kurven uneinheitlich, bis nach einer Woche Nr. 12 (Havardid) und Nr. 14 (Drala) wieder anstiegen. Nach 2 Wochen hatte Drala den höchsten Wert mit 2,5 kg erreicht. Den niedrigsten hatte zu diesem Zeitpunkt Nr. 15 (Restorit) mit 1,4 kg.

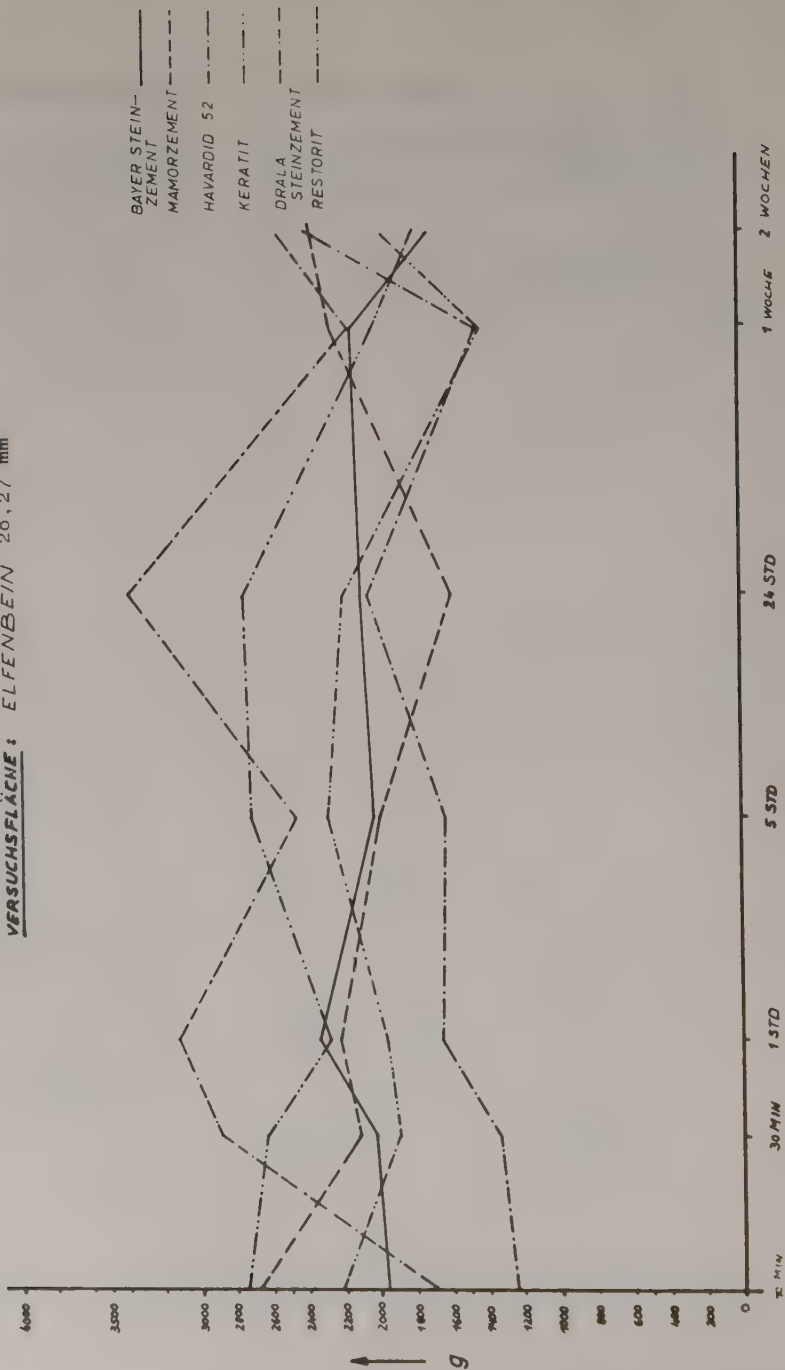
Der Kurvenverlauf für die Werte an Dentinflächen zeigte etwas das gleiche Bild. Der höchste Wert lag nach einem Tag Erhärtung bei 2,2 kg für Nr. 10 (Bayer Steinzement). Nach 2 Wochen wurde für Drala der höchste Wert mit 2,5 kg gemessen, der niedrigste für Bayer mit 1,52 kg.

	<u>Nach 1 Woche</u>	<u>Nach 2 Wochen</u>
Bayer-Steinzement	2,1 kg $\pm$ 59 g	1,7 kg $\pm$ 57 g
Mamor-Zement	2,2 kg $\pm$ 53 g	1,9 kg $\pm$ 62 g
Havardid 52	1,4 kg $\pm$ 60 g	2,3 kg $\pm$ 71 g
Keratit	2,0 kg $\pm$ 77 g	1,7 kg $\pm$ 76 g
Drala-Steinzement	2,1 kg $\pm$ 103 g	2,5 kg $\pm$ 159 g
Restorit	1,4 kg $\pm$ 97 g	1,3 kg $\pm$ 97 g
	Elfenbein	Elfenbein
	=====	=====

	<u>Nach 1 Woche</u>	<u>Nach 2 Wochen</u>
Bayer-Steinzement	2,2 kg $\pm$ 43 g	1,5 kg $\pm$ 13 g
Mamor-Zement	1,8 kg $\pm$ 34 g	1,7 kg $\pm$ 9 g
Havardid 52	1,4 kg $\pm$ 40 g	2,2 kg $\pm$ 19 g
Keratit	1,7 kg $\pm$ 28 g	1,5 kg $\pm$ 16 g
Drala-Steinzement	1,9 kg $\pm$ 24 g	2,5 kg $\pm$ 15 g
Restorit	1,9 kg $\pm$ 23 g	1,5 kg $\pm$ 33 g
	D e n t i n	D e n t i n
	=====	=====

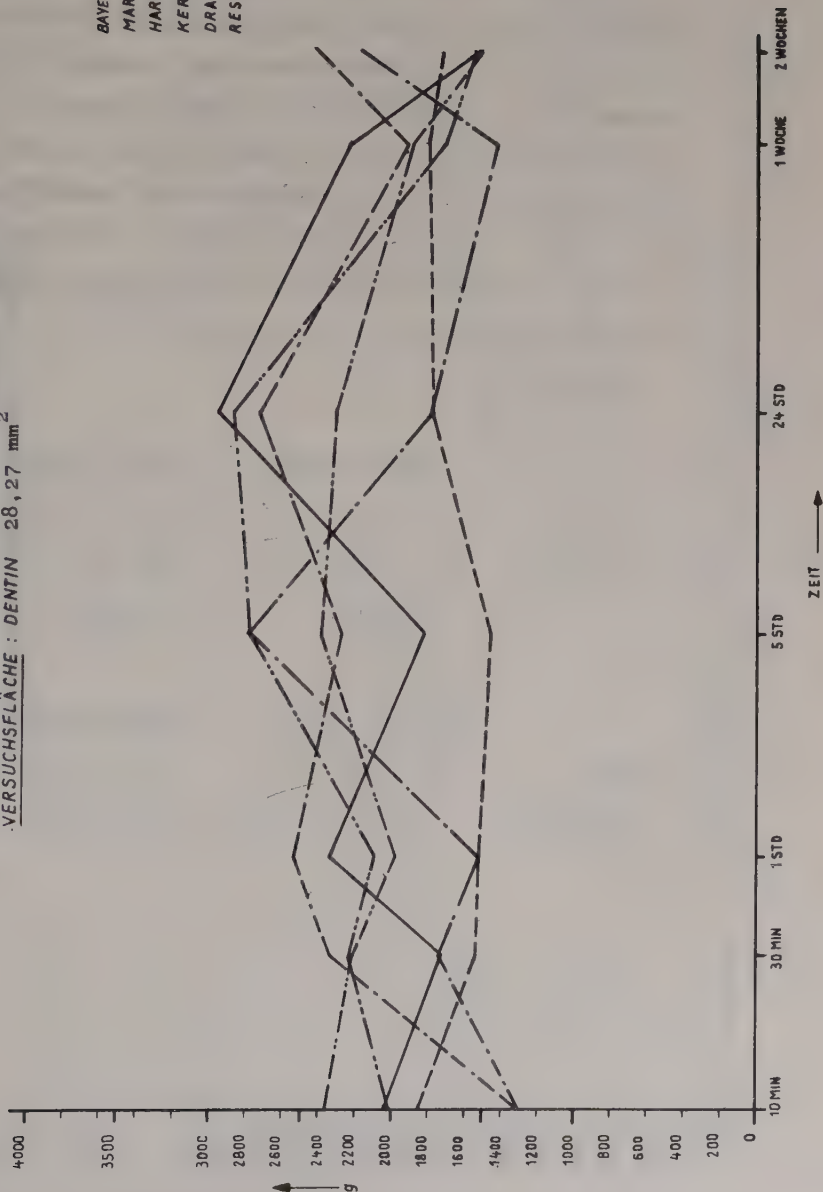
HAFTINTENSITÄT DER STEINZEMENTE

VERSUCHSFLÄCHE: ELFENBEIN $28,27 \text{ mm}^2$



HAFTINTENSITÄT DER STEINZEMENTE

VERSUCHSFLÄCHE : DENTIN 28,27 mm²



Silikatzemente

Die Silikatzemente zeigten einen annähernd symmetrischen Verlauf. Bei allen drei Zementen stieg die Haftintensität bis zu 60 min an und fiel dann langsam bis zu einem Tag ab. Danach stiegen die Kurven wieder an, bis am Elfenbein Nr. 16 (Achatit) mit 1,98 kg der Höchstwert erreicht wurde. Der niedrigste Wert wurde für Nr. 17 (S.S. White) mit 0,98 kg gemessen. Der Verlauf der Kurven am Dentin war der gleiche, Achatit erreichte hier den Höchstwert von 2,39 kg, S.S. White den niedrigsten mit 1,0 kg.

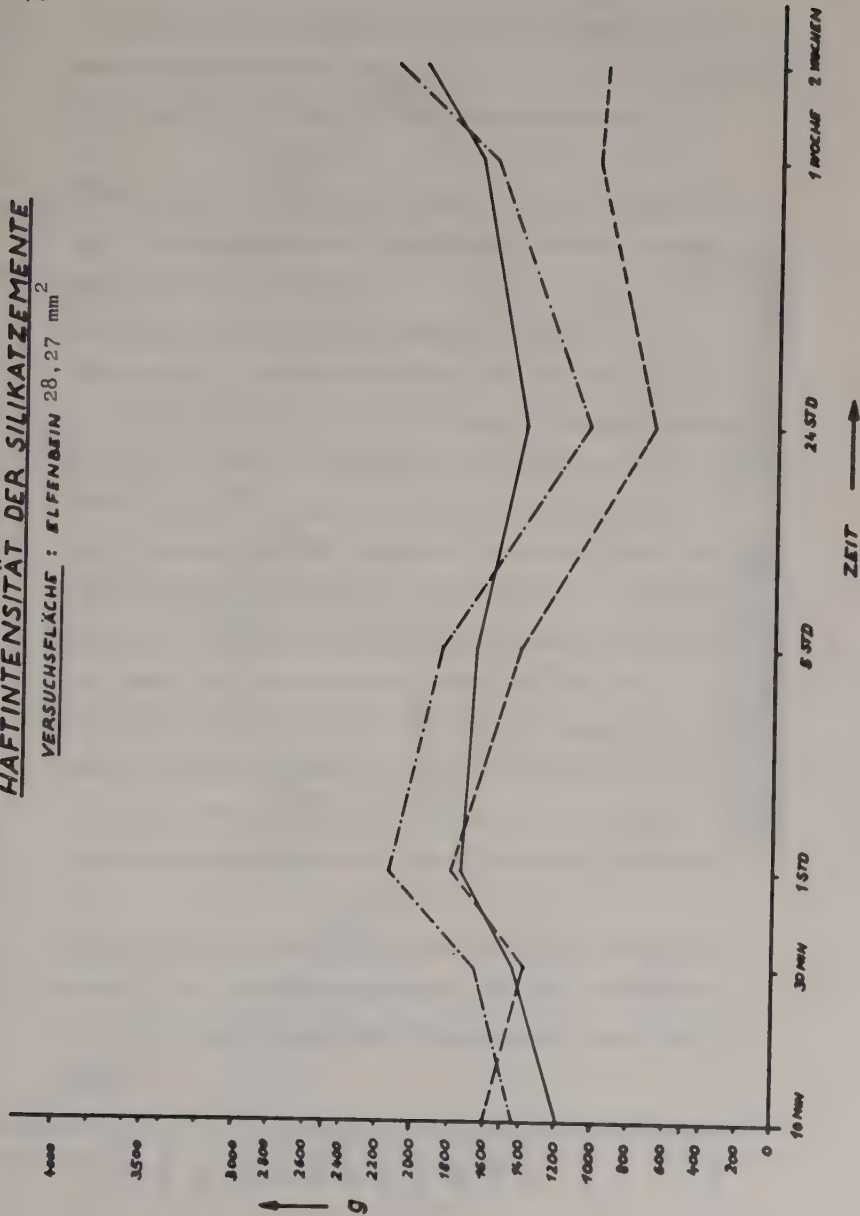
	<u>Nach 1 Woche</u>	<u>Nach 2 Wochen</u>
Achatit	1,7 kg $\pm$ 78 g	1,98 kg $\pm$ 119 g
S.S. White	1,0 kg $\pm$ 80 g	0,98 kg $\pm$ 59 g
Super Syntrex	1,6 kg $\pm$ 51 g	1,95 kg $\pm$ 66 g
	Elfenbein =====	Elfenbein =====

	<u>Nach 1 Woche</u>	<u>Nach 2 Wochen</u>
Achatit	1,7 kg $\pm$ 20 g	2,39 kg $\pm$ 23 g
S.S. White	1,2 kg $\pm$ 24 g	1,0 kg $\pm$ 20 g
Super Syntrex	1,6 kg $\pm$ 3 g	2,3 kg $\pm$ 18 g

HAFTINTENSITÄT DER SILIKATZEMENTE

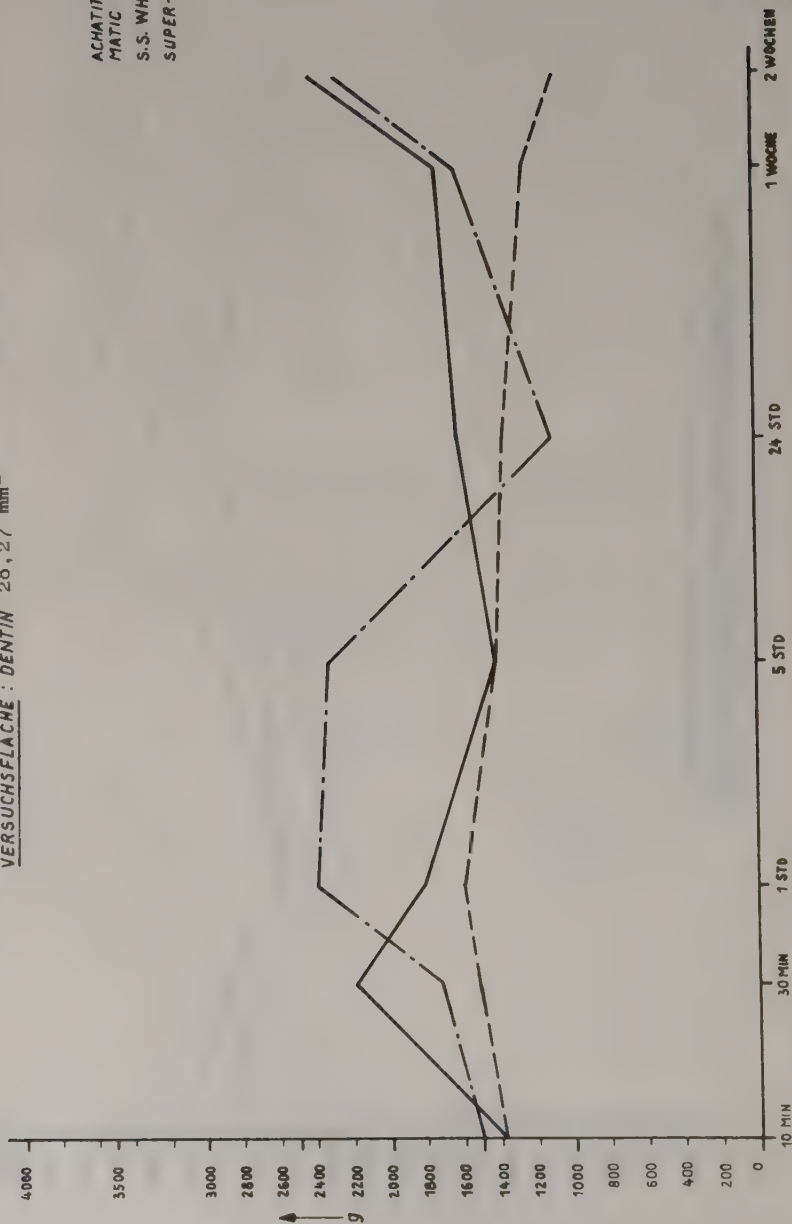
VERSUCHSFLÄCHE : ELFENBEIN 28,27 mm²

— ACHUTT
 --- BACHMAYR
 - - - S.-S. WHITE
 - · - · - SUPER
 - · - · - SYNTREX



HAFTINTENSITÄT DER SILIKATZEMENTE

VERSUCHSFLÄCHE : DENTIN 28, 27 mm²



ACHATIT BIOCHRO-
MATIC ———
S.S. WHITE - - -
SUPER-SYNTREX - . -

III. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Ein Vergleich der Resultate dieser Arbeit mit denen anderer Autoren kann infolge der unterschiedlichsten Prüfungsmethoden nur in Annäherung erfolgen.

Nach den bisher durchgeführten Versuchen und den sich daraus ergebenden Folgerungen ist die Frage der Haftintensität mehr ein mechanisches als physikalisch-chemisches Problem. Unter der eigentlichen Adhäsion versteht man die oberflächenaktiven Kräfte der Moleküle, die von der molekularen Affinität der sich berührenden Stoffe abhängig sind. Diese Affinität wird durch die chemischen Eigenschaften der Moleküle geprägt. Technisch wird es kaum möglich sein, Dentin in der Weise zu bearbeiten, daß allein adhäsive Kräfte beim Zusammenbringen mit Zement wirksam werden. So bleibt nur die Messung der mechanischen Kräfte, die durch die Oberflächen-Unebenheiten beeinflusst sind. Die vorher genannten Autoren lassen Angaben über die Oberflächenbeschaffenheit in ihren Versuchen vermissen.

Vergleiche von Messungen können aber nur angestellt werden, wenn die Untersuchungen ähnlich durchgeführt und alle einflußnehmenden Einzelheiten aufgeführt werden.

Die Versuche an Glas, Metall oder anderen Stoffen ohne bestimmte Oberflächendefinitionen ergeben somit nur relative Werte für diese Haftfläche. Obwohl die Bearbeitung der Elfenbein- und Dentinproben sowie das Anrühren der Zemente sehr sorgfältig geschah, können Mängel nicht ganz ausgeschlossen werden. Jede einzelne Probe wurde von Hand hergestellt, das Alter und die Lagerung des Pulvers und der Flüssigkeiten, unterschiedlicher Stopfdruck, Temperaturschwankungen während der Lagerung der Prüfkörper können zu Verfälschungen der Ergebnisse führen. Die Aufbewahrung in der " feuchten Kammer " sollte mundähnliche Verhältnisse schaffen.

Es fällt zunächst bei den verschieden langen Lagerungszeiten der Zemente einer Gruppe die doch nicht unerhebliche Streuung auf. Die Anrührzeiten wurden genau eingehalten, ebenso hatte die definierte Oberflächenrauigkeit den Vorteil, einen wesentlichen Unsicherheitsfaktor ausgeschaltet zu haben. Doch über die Qualität des Elfenbeins und Dentins können keine Angaben gemacht werden. Es ist nicht feststellbar, ob beim Beschleifen Dentinkanälchen längs oder schräg angeschliffen wurden. Damit würde sich die nicht unerhebliche Oberfläche, die durch die Kanälchen dargestellt wird, noch mehr vergrößern.

Außerdem war nicht zu kontrollieren, in welcher Richtung die Schleiffrillen verliefen. Je mehr sie sich kreuzen, desto größer wird die Haft- und Verzahnungsfläche für den Zement. Autoren, die über Prüfungen an glatten Flächen berichteten, ließen dabei unbeachtet, daß auch Glas oder Metall gewisse Porositäten aufweisen und somit nicht nur die Adhäsion gemessen wurde. Beachtlich ist allgemein die gute Haftintensität auf einer Fläche, deren Oberflächenrauigkeit mit den in der Praxis üblichen Instrumenten kaum erreicht werden dürfte.

Noch ist der Abbindevorgang der Zemente nicht vollständig geklärt. Es wird aber vermutet, daß Feuchtigkeit sich dabei ungünstig auswirkt. Durch die Prüfung im Exsikkator wurde eine hohe Feuchtheitsaufnahme registriert; inwieweit sie die Haftfähigkeit bzw. den Abbindevorgang beeinflußt, müßte geprüft werden. In diesem Zusammenhang fällt auf, daß nach einer Abbindezeit von 1 Woche und 2 Wochen wenige Proben vollkommen losgelöst auf der Haftfläche lagen. Erstaunlicherweise waren dies Phosphatzemente, die überhaupt relativ niedrigere Abzugskräfte für diese Zeit benötigten. Im Gegensatz zu der üblichen Meinung, hafteten alle Silikatzemente gut.

B E R K S O N (1) wies nach, daß die Zemente vor Austrocknung geschützt werden müssen, sonst hafteten sie nicht.

Es wurde bewußt darauf verzichtet, die Proben von Flüssigkeit umspülen zu lassen, da die Momente der Löslichkeit eines Zementes die Prüfungen nicht stören sollten. Außerdem wird eine Zementfüllung im Munde nicht in dieser Weise von Flüssigkeit umgeben. Möglicherweise wird die Haftintensität zusätzlich von der Feinheit des Pulvers und der Dichtigkeit des gestopften Zementes günstig beeinflusst. Der Zusammenhalt der erhärteten Proben erwies sich dadurch, daß keine Probe durch den abgeflachten Teil des Stahlhakens herausgerissen wurde. Ein Haften an dem PVC-Ring war ausgeschlossen, da sich die Proben nach langer Lagerung wegen der Kontraktion des Zementes leicht aus dem Ring schieben lassen.

Besonders das feine Pulver von Wilde-Phosphatzement führte offenbar zu dessen großer Haftintensität. Die Kurve der graphischen Darstellung liegt jedoch im Bereich der Steinzemente.

Der Kurvenverlauf der Werte des Dentins zeigte Ähnlichkeiten mit denen von Elfenbein. Erst nach einer Abbindezeit von 24 Stunden begannen sich bedeutende Unterschiede zwischen den 4 Zementgruppen abzuzeichnen.

Mit Ausnahme der Universalzemente trifft es nicht zu, daß die Zemente nach 60 min Abbindezeit ihre größte Haftintensität erreicht haben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die vier Zementarten verwandte Kurventypen bei sieben verschiedenen Abbindezeiten bilden. Wesentliche Unterschiede bestehen erst nach 1 bis 2 Wochen, so daß dafür die Extremwerte herausgestellt werden sollen.

Der zahlenmäßige Vergleich der Ergebnisse mit denen anderer Autoren kann aufgrund der unterschiedlichen Größe der Haftflächen nicht durchgeführt werden. Die Grundfläche von $28,27 \text{ mm}^2$ kann nicht linear auf 1 cm^2 umgerechnet werden, da hierbei spezielle Randabzugskräfte unberücksichtigt blieben. Es können die Ergebnisse anderer Autoren, die ein Haften von der Oberflächenbeschaffenheit abhängig machen, mit der Feststellung ergänzt werden, daß die vorliegenden Werte, relativ betrachtet, im ähnlichen Bereich liegen.

Höchster Wert nach 1 Woche

PHOSPHATZEMENT

6)	Phosphat-Spezial-Befestigungszement Fa. Wilde	3,28 kg	6)	Phosphat-Spezial-Befestigungszement Fa. Wilde	2,99 kg
----	--	---------	----	--	---------

UNIVERSALZEMENT

9)	Omnifil	1,70 kg	7)	Terralux Universal-Ultra	1,51 kg
----	---------	---------	----	--------------------------	---------

STEINZEMENT

11)	Mamor-Zement	2,24 kg	10)	Bayer-Steinzement	2,25 kg
-----	--------------	---------	-----	-------------------	---------

SILIKATZEMENT

16)	Achatit	1,67 kg	16)	Achatit	1,71 kg
-----	---------	---------	-----	---------	---------

E l f e n b e i n
=====

D e n t i n
=====

Niedrigster Wert nach 1 Woche

PHOSPHATZEMENT

2)	Bayer-Phosphatzement (sh)	0,06 kg	2)	Bayer-Phosphatzement (sh)	1,18 kg
----	---------------------------	---------	----	---------------------------	---------

UNIVERSALZEMENT

7)	Terralux	0,12 kg	8)	Terraquick	0,73 kg
----	----------	---------	----	------------	---------

STEINZEMENT

15)	Restorit	1,41 kg	12)	Havardid 52	1,40 kg
-----	----------	---------	-----	-------------	---------

SILIKATZEMENT

17)	S.S. White	1,01 kg	17)	S.S. White	1,24 kg
-----	------------	---------	-----	------------	---------

E l f e n b e i n
=====

D e n t i n
=====

Höchster Wert nach 2 Wochen

PHOSPHATZEMENT

6) Phosphat-Spezial-Befestigungszement Fa. Wilde	1,70 kg	4) Harvard (sh)	2,93 kg
---	---------	-----------------	---------

UNIVERSALZEMENT

9) Omnifil	0,99 kg	7) Terralux	2,04 kg
------------	---------	-------------	---------

STEINZEMENT

14) Drala-Steinzement	2,52 kg	14) Drala-Steinzement	2,46 kg
-----------------------	---------	-----------------------	---------

SILIKATZEMENT

16) Achatit	1,98 kg	16) Achatit	2,39 kg
-------------	---------	-------------	---------

E l f e n b e i n
=====

D e n t i n
=====

Niedrigster Wert nach 2 Wochen

PHOSPHATZEMENT

4) Harvard (sh)	0,05 kg	1) Bayer-Phosphatzement (nh)	1,20 kg
-----------------	---------	------------------------------	---------

UNIVERSALZEMENT

7) Terralux	0,27 kg	8) Terraquick	0,06 kg
-------------	---------	---------------	---------

STEINZEMENT

15) Restorit	1,39 kg	10) Bayer-Steinzement	1,52 kg
--------------	---------	-----------------------	---------

SILIKATZEMENT

17) S.S. White	0,98 kg	17) S.S. White	1,07 kg
----------------	---------	----------------	---------

E l f e n b e i n
=====

D e n t i n
=====

C. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden die Zemente

- 1) Bayer Phosphatzement (normalhärtend)
- 2) Bayer Phosphatzement (schnellhärtend)
- 3) Harvard Phosphatzement (normalhärtend)
- 4) Harvard Phosphatzement (schnellhärtend)
- 5) Fixodont Phosphatzement (schnellhärtend)
- 6) Phosphat Spezial-Befestigungszement
- 7) Terralux - Universal-Ultra
- 8) Terraquick
- 9) Omnifil Allzweckzement
- 10) Bayer Steinzement
- 11) Mamor Zement
- 12) Harvardid 52
- 13) Keratit
- 14) Drala Steinzement
- 15) Restorit
- 16) Achatit biochromatic
- 17) S.S. White
- 18) Super Syntrex

durch Laborversuche an Elfenbein- und Dentinproben auf ihre Haftintensität geprüft. Die Proben wurden in einer " feuchten Kammer " aufbewahrt und nur zu den Versuchen entnommen. Die Oberflächenrauigkeit der Versuchskörper wurde mit Silicium-Korund Papier erzeugt und gemessen. Sie betrug 12 bis 17 μ . Nach sieben verschiedenen Abbindezeiten (10 min, 30 min, 60 min, 5 Std., 24 Std., 1 Woche und 2 Wochen) wurden jeweils 10 Abreißversuche von Elfenbein- und 3 von Dentinflächen vorgenommen. Zwischen Elfenbein und Dentin ergaben die Werte der Haftintensität nach verschiedenen Erhärtungszeiten Unterschiede,

die im Verhältnis aber ähnlich waren. Ein Teil der Zemente zeigte an beiden Haftflächen bis zu einer Lagerungszeit von 60 min einen ähnlichen, danach steigenden oder sinkenden Verlauf der Haftintensität. Es traten ziemliche Schwankungen der einzelnen Fabrikate zueinander auf.

Bei Phosphatzementen wurde die Haftintensität nach 5 Std. geringer, doch am Dentin stieg sie nach einer Zeit von 24 Std. an. Phosphat Spezial-Befestigungszement der Fa. Wilde erreichte nach 1 Woche ein Maximum von 3,28 kg.

Die Haftintensität der Universalzemente sank nach 60 min Lagerungszeit kontinuierlich ab. Nach einer Aufbewahrungszeit von 24 Std. stieg die Haftung von Omnifil allmählich bis 2,04 kg an.

Steinzemente zeigten nach 2-wöchiger Lagerungszeit an beiden Prüfkörpern kaum ein Absinken der Haftintensität. Den höchsten Wert erreichte Drala Steinzement mit 2,52 kg.

Bei den Silikatzementen sank nach 60 min Lagerungszeit die Haftintensität ab. Nach einer Alterungszeit von 24 Std. erfolgte mit Ausnahme von S.S. White Silikatzement, was an Dentin ein Minimum von 1,07 kg erreichte, ein Anstieg der Werte.

Bis auf die Zemente 12) (Harvardid 52), 14) (Drala Steinzement), 16) (Achatit biochromatic) und 18) (Super Syntrex) wurde die Haftintensität nach 2 Wochen Lagerungszeit geringer.

Die Haftintensität von Zementen ist am Dentin etwa 10 - 15 % höher als an Elfenbein. Sie betrug nach 2 Wochen maximal 2,93 kg (Harvard Phosphatzement, sh), minimal 0,06 kg (Terraquick Universalzement) bei $28,27 \text{ mm}^2$ Fläche.

Zur Prüfung der Haftintensität sollten genaue Methoden festgelegt werden.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. Berkson, R. Dental cement: A study of its
property of adhesion.
Am. J. Orthodont. 36; 701 - 710,
Spt. 1950.

2. Diener, A. Plastische Füllungsmaterialien.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 40,
1043 (1937).

3. Drum, W. Prüfungsvorschriften für
Phosphatzemente.
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 4,
1555 (1949).

4. Effinger, A. In Leitfaden der zahnärztl.
Werkstoffe u. ihrer Verarbeitung.
Berlinische Verlagsanstalt 1960.

5. Eichner, K. Leitfaden der zahnärztl. Werk-
stoffe u. ihrer Verarbeitung.
Berlinische Verlagsanstalt 1960.

6. Falck, K. - Werkstoffkunde für Zahnärzte.
Weikart, P. Carl Hanser-Verlag, München (1959).

7. Griesser, E. Grundlagen u. Ergebnisse bei der experimentellen Untersuchung einiger jetzt im Handel befindlicher Phosphat-, Si-Stein-zemente auf: Anrührzeit, Abbindung, Volumenänderung, Widerstand gegen Kaudruck, Stoßfestigkeit, Haftintensität, Porosität, Wärmeleitvermögen, Hydralisierung, Löslichkeit und Transparenz. Med. Diss. Berlin 1953.
8. Hattemer, A. - Kübel, K. Zur Frage der Prüfungsvorschriften für zahnärztl. Werkstoffe. Dtsch. zahnärztl. Zschr. 5, 1031 (1950).
9. Hattemer, W.N. Physikalisch-chemische Eigenschaften der neueren Füllungs-materialien und Güte der Füllungen. Zahnärztl. Welt/Reform 58, 242 (1957).
10. Hensel, E. Untersuchungen über die Haftintensität zahnärztl. Füllungs-materialien. Med. Diss. Bonn 1951.

11. Heyden, P. Untersuchungen über den Feuchtigkeitsgehalt menschlicher Zähne. Stoma 4, 77 (1951).
12. Hofer, O.
Reichenbach, E.
Spreiter von
Kreudenstein, T.
Wannenmacher, E. Lehrbuch der klinischen Zahn-Heilkunde; III. Ausgabe 1963, Bd. II.
Johann Ambrosius Barth-Verlag, Leipzig.
13. Idolski, M. Ist die Haftintensität des Zn-Phosphat-Zementes auf die Bildung eines chemischen Zwischenkörpers zurückzuführen?
Med. Diss. Greifswald 1921.
14. Kellermann, K.
Lauven, P. Über die Natur der Zahnzemente. Dtsch. zahnärztl. Zschr. 5, 225; und 337 (1950).
15. Ketterl, W. Morphologische Untersuchungen über das Dentin der Milchzähne. Dtsch. zahnärztl. Zschr. 20, 652 (1965).
16. Klauer, H. Phosphat-Zement als Unterfüllung. Zahnärztl. Rdsch., 1052 (1937).

17. Klei, van der Über Zn-Phosphat-Zement.
Zahnärztl. Rdsch. 2063 (1935).
18. Kulka, M. Über die wichtigsten mechanischen
und einige chemischen Eigen-
schaften der Silikat- und Phos-
phatzemente.
Abdr. Dtsch. zahnärztl. Zschr.
3 (1908).
19. Kunert, W. Neuere Untersuchungen über
Phosphatzemente, unter besonderer
Berücksichtigung der Volumen-
beständigkeit und Klebkraft.
Med. Diss. Köln 1939.
20. Morgenstern, M. Untersuchungen der Silikat- und
Phosphatzemente, unter Berück-
sichtigung ihrer physikalischen
Eigenschaften.
Östr. Vj. Zschr. f. Z.
Okt. H. 4, 514 (1905).
21. Ontrup, D. Oberflächengestalt der Zahnhart-
substanzen nach der Bearbeitung
mit umlaufenden Instrumenten.
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 15,
99 (1960).

22. Paffenbarger, G.C. Zinc Phosphate Cements Physical
Sweeny, W.T. and
Isaacs, A. Properties and a specification.
J. Am. Dent. A. 31: 1907 (1934).
23. Ruff, H. Beitrag zur experimentellen
Bestimmung der Haftintensität
der Zn-Phosphat-Zemente.
Med. Diss. Berlin 1937.
24. Schoenbeck, F. Zahnärztl. Werkstoffkunden.
Johann Ambrosius Barth-Verlag,
Leipzig 1942.
25. Schmutzler, K. Werkstoffkundl. Untersuchungen
an Terralux-Universal-Zement.
Med. Diss. Halle 1959.
26. Schwarzkopf, H. Über klinische und experimentelle
Untersuchungen des Silikatzementes.
Diaphat. zahnärztl. Rdsch. 216
(1951).
27. Spanner, J. Klebrigkeit und Haltefestigkeit
von Zn-Phosphat-Zement.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 1253,
1930.

28. Stüben, J. Die Dentinwunden und ihre Versorgung.
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 20,
529 (1965).
29. Weikart, P. Zur Frage der Prüfungsvorschriften
für zahnärztl. Werkstoffe.
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 4,
1550 (1949).
30. Weikart, P. Adhäsion oder Haftintensität
von Zahnzementen.
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 5,
1033 (1950).

An dieser Stelle möchte ich
Herrn Professor Dr. E I C H N E R für die
Übertragung des Themas und seine großzügige
Unterstützung herzlich danken.

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. K Ö H L E R
für seine Anregungen und hilfreiche Beratung.

Außerdem danke ich Herrn K R Ü G E R von
der Bundesanstalt für Materialprüfung für die
Hilfe, die er mir gewährte.

E. LEBENS LAUF

Am 20. November 1937 wurde ich als Sohn des Pfarrers Gotthold Paul und seiner Ehefrau Margarete, geb. Merz, in Zwickau/Sa. geboren.

Von 1943 bis 1949 besuchte ich die Grundschule in Zwönitz/Erzgeb. und von 1950 bis 1951 in Remse.

Da ich zur Oberschule nicht zugelassen wurde, kam ich zur Paulsen-Oberschule nach Berlin-Steglitz, wo ich 1958 das Abitur bestand.

Im selben Jahr begann ich an der Freien Universität Berlin das Studium der Zahnmedizin und legte dort 1962 die zahnärztliche Vorprüfung ab.

Am 20. Juli 1965 bestand ich das Staatsexamen und bin heute als Assistent tätig.

